

А.И. Сурус, канд. техн. наук., доц.;
А.М. Лось, ст. преп.;
А.В. Блохин, канд. техн. наук., доц.;
М.Н. Пищов, канд. техн. наук., доц.;
М.И. Пархимович, студ.
(БГТУ, г. Минск)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ

Соединения с натягом относятся к неподвижным соединениям деталей и предназначены для передачи нагрузок между ними.

Указанные соединения могут препятствовать осевому сдвигу, проворачиванию или испытывать комбинированную нагрузку, предотвращая одновременно осевой сдвиг и проворачивание. Недостаточная прочность соединений может привести к относительному сдвигу элементов и вызвать отказы в работе механизма в целом.

В силу достоинств соединений с натягом, таких как: сопрягаемые детали могут воспринимать значительные нагрузки, как статические, так и динамические, обеспечивают хорошее центрирование соединяемых деталей, их выполнение не требует больших затрат, они применяются в тяжело нагруженных соединениях механизмов при действии динамических нагрузок, соединениях, требующих хорошего центрирования соединяемых деталей (высокоточные и высокоскоростные механизмы) и т.д. Однако для них, как и для других соединений существуют факторы, влияющие на их надежность в процессе их эксплуатации. Показателем их надежности является долговечность при определенных режимах и условиях эксплуатации.

В связи с этим целью настоящей работы является анализ причин, влияющих на снижение долговечности соединений с натягом для поиска возможных путей ее повышения.

Одним из основных факторов, влияющих на надежность соединений с натягом, удовлетворяющих условию передачи заданных нагрузок является величина необходимого натяга, полученная после сборки соединения. Эта задача решается на стадии проектирования на основании статического расчета по теории упругих деформаций и перемещений (задача Ляме). Однако, как показывает ряд многочисленных исследований, на практике в процессе эксплуатации кроме величины проектного натяга в различных условиях эксплуатации на надежность соединения влияет ряд других факторов таких как точность изготовления соединяемых деталей, точность макро- и микрогеометрических параметров соединяемых поверхностей, материалы

сопрягаемых деталей, наличие промежуточных слоев между сопрягаемыми поверхностями из основных материалов (покрытия, смазка и т.д.).

Так в работе [1] рассмотрено влияние на соединение с натягом геометрии соединяемых поверхностей. Исследования прочности соединений с натягом в зависимости от различных факторов также описаны в публикациях [2, 3].

Большинство соединений при работе испытывают переменные нагрузки, как пульсирующие, так и ударные. В результате детали машин и механизмов подвергаются действию вибрационных нагрузок, что является причиной механических колебаний в контакте [4].

Как известно, механические колебания в контакте являются основной причиной развития фреттинга. Поэтому еще одной из основных причин снижения долговечности соединений с натягом является фреттинг, возникающий в результате высокой концентрации напряжений и склонности к контактной коррозии [5].

Кроме того, известно также, что долговечность деталей снижается из-за появления усталостных трещин. Как показывает практика, усталостные трещины начинают появляться в местах концентрации напряжений в соединениях. Для соединений с натягом наличие таких мест зависит от точности формы сопрягаемых поверхностей и действующих нагрузок.

Наличие фреттинга и одновременно зарождение усталостных трещин приводит к фреттинг-усталости.

Другим важным обстоятельством, влияющим на надежность соединения, является температурный фактор. В зоне отрицательных температур у некоторых сталей и сплавов происходят фазовые превращения, приводящие к изменению размеров, и как следствие, к ослаблению натяга. В связи с этим при выборе посадки для таких соединений по величине натяга на стадии проектирования следует учитывать температурную поправку на размеры сопрягаемых поверхностей и повышать класс чистоты обработки поверхностей. Таким образом, обоснованный выбор посадки с натягом с учетом приведенных выше результатов различных исследований повышает надежность соединения в различных условиях эксплуатации

Кроме того, в связи с уменьшением пластичности материалов деталей при отрицательных температурах происходит увеличение скорости распространения усталостных трещин. Воздействие отрицательных температур увеличивает вероятность фреттинг-коррозии. Фреттинг-усталость и фреттинг-коррозия являются основной причи-

ной снижения долговечности соединений с натягом при переменных нагрузках и отрицательных температурах.

При этом следует отметить, что повышение твердости поверхностей препятствуют развитию процесса образования усталостных трещин.

Кроме того, известно, что долговечность соединений зависит также от контактной жесткости рабочих поверхностей, которая определяется не только свойствами материалов, но и микрогеометрией рабочих профилей, поскольку финишная обработка поверхностей определяет не только фактическую площадь контакта в соединении, но и поверхностную твердость, а также наличие остаточных напряжений в поверхностном слое.

Таким образом, для повышения несущей способности соединений с натягом в осложненных условиях эксплуатации рекомендуется:

повышение точности изготовления соединяемых деталей, точности макро- и микрогеометрических параметров соединяемых поверхностей, повышение класса точности и чистоты обработки поверхностей, поверхностное упрочнение деталей и нанесение покрытий, позволяющих повысить антикоррозионные свойства, износостойкость и усталостную прочность сопрягаемых поверхностей.

В результате проведенных нами ряда исследований по повышению эффективности поверхностного упрочнения методом жидкостной карбонитрации установлено, что упрочнение указанным методом с дополнительным использованием энергии высокочастотных механических колебаний по соответствующим режимам позволяет увеличить поверхностную твердость, усталостную прочность, износо- и коррозионную стойкость упрочненных поверхностей, что может быть использовано для повышения надежности соединений с натягом с учетом выше изложенных причин снижения их долговечности.

Исследования показали, что применение колебаний при диффузионном упрочнения существенно повышает усталостную долговечность по числу циклов N до полного разрушения образца. Усталостные характеристики улучшаются даже при непродолжительном времени обработки (0,5 ч). Применение колебаний, обеспечивает повышение числа циклов до разрушения образца на 20-25 % при использовании частоты колебаний 18 кГц при оптимальном времени обработки 2-3 ч.

Зависимость величины износа от времени карбонитрации показывает, что использование колебаний существенно повышает износостойкость поверхностного слоя, определяемую по потере массы образцов. при времени обработки до 2 часов. Это объясняется в первую

очередь ускорением протекания химических процессов в расплаве и адсорбции азота и углерода, а также диффузии их в сталь, что приводит к более интенсивному образованию мелкодисперсных карбонитридных частиц и в целом к формированию плотного поверхностного слоя повышенной износостойкости. При использовании колебаний кривая износа имеет существенно меньший участок приработки и более продолжительный участок, соответствующий зоне установившегося изнашивания. Исследования, проведенные на сканирующем электронном микроскопе, показали, что при обработке без использования колебаний на этапе приработки наблюдается смятие и сглаживание отдельных неровностей поверхности. На стадии установившегося изнашивания происходит постепенное увеличение поврежденных фрагментов поверхности с образованием достаточно больших участков выкрашивания карбонитридного слоя. Отмечается, как следствие развития усталостных процессов, образование микротрещин.

При использовании колебаний, обеспечивающих образование более развитого и прочного карбонитридного слоя, практически полностью отсутствует выкрашивание участков поверхности.

Выводы. Полученные результаты показывают существенное повышение износостойкости и усталостных характеристик при использовании жидкостной карбонитрации в комбинации с возбуждением в расплаве колебаний частотой 18 кГц. Это может способствовать повышению надежности и ресурса деталей машин, работающих в условиях сочетания трения и контактных динамических нагрузок, что характерно для соединений с натягом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куприянов, А.В. Прочность соединения с натягом при наличии погрешности геометрии формы / А.В. Куприянов // Вестн. ХНТУ. – 2015. – № 3(54). – С. 145–150.
2. Кравцов, М.К. Промежуточные среды в соединениях с натягом / М.К. Кравцов, А.А. Святуха, В.В. Чернов. – Х.: Штрих, 2001. – 200 с.
3. Ресурс и ремонтпригодность колесных пар подвижного состава железных дорог / А.А. Воробьев [и др.]. – М.: Инфра-М. – 2012. – 264 с.
4. Котенева Н.В., Перфильева Н.В., Перфильева А.Д. Исследование контактного взаимодействия твердых тел в условиях вибрационных нагрузок. Вестник ТГУ т.18, Вып. 4. 2013.